

# 조광기능을 갖춘 전자식 형광등용 IC

최낙춘\*, 신동명\*, 김덕중\*  
 (\*삼성전자(주) 반도체 전력전자)

## 1. 서 론

전자식 안정기는 최근 에너지 절약 정책과 관련하여 조명기기분야의 관심의 대상이 되었고, 절전 효율이 높은 고품질의 전자식 안정기에 대한 연구 개발 및 보급이 점점 더 확대되고 있는 추세이다. 일반적으로 전자식 안정기는 수십 KHz의 고주파에서 형광등을 구동시킴으로써 빛의 깜박거림과 가청잡음이 없으며, 저주파(60Hz)에서 사용하는 재래식 안정기(Choke coil 방식)에 비해 높은 절전 효과를 얻을 수 있다[1~4].

특히, 빌딩 사무실의 경우 낮에도 창가의 형광등이 켜져 있어서 막대한 전력을 낭비하고 있는 실정 이므로, 일조량에 따른 자동 전력 조절이 가능한 전자식 형광등의 출현이 기대되고 있다.

전자식 안정기의 보급 확대를 위해서는 절전 효과 뿐만 아니라, 품질 문제, 수명 문제등을 고려하여야 하는 바, 예를 들면 순간 점등으로 방전초기의 Sputtering 현상에 의한 Lamp의 수명 단축, 미소 입력전압 변동에 따른 급격한 광출력의 변화로 절전 효과의 상실과 이상동작에 의한 스위칭 소자의 파괴 현상, 고주파 스칭칭시 발생하는 전력손실과 NOISE등에 대한 대책이 요구되고 있다.

이러한 점을 개선하기 위해 추가되는 회로는 전자식 안정기 시스템을 더욱 복잡하게 만들고, 경제적으로 원가 부담을 주기 때문에 고품질의 전자식 안정기를 보급하는 데 어려운 점으로 부각되고 있다.

본 고에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 조 광기능을 포함한 다양한 제어회로와 보호회로를 1 Chip에 수용하는 고품질의 전자식 안정기 제어용 집적회로에 대해서 기술하고자 한다.

## 2. 전자식 안정기 제어용 집적회로

### 2.1 회로 구성 및 기본 동작

전자식 안정기 제어용 집적회로는 그림 1에서 나타낸 것과 같이, Under Voltage Lockout 회로, 5V Reference Voltage 회로, 3 Step soft starting 회로, Dimming 제어회로, Oscillator, Dead time control comparaator, 2개의 D-flip/flop, 위상차를 가진 2개의 출력단, DC Feedforward 회로등으로 구성된 제어회로와 가변 Hysteresis폭을 가진 과열 보호회로와 무부하 보호회로등으로 구성되어 있으며, 그림 2에서 나타낸 ZVS 방식의 전자식 안

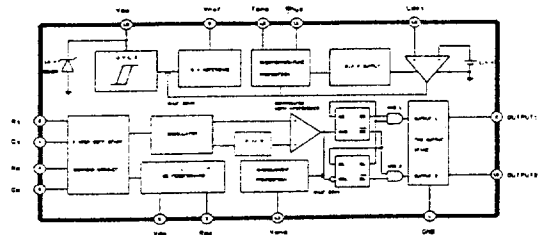


그림 1. 전자식 형광등용 집적회로의 BLOCK DIAGRAM

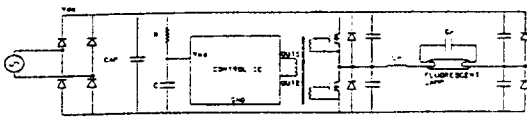


그림 2. 간단한 전자식 형광등용 응용회로

정기를 형광등의 특성에 따른 동작이 될 수 있도록 스위칭 주파수 및 Dead time을 제어하고 있다. 회로 동작은 전자식 안정기가 갖고 있는 고유의 공진 주파수보다 빠른 스위칭 주파수로 동작할 수 있도록 동작 주파수를 setting한 후 power를 공급하면 Start up threshold voltage 이상에서 출력 제어 신호를 발생하게 된다.

이 출력 제어 신호는 3 Step soft starting 회로와 Oscillator에 의해 Preheating-soft starting-full power 주파수로 가변되고, D-flip/flop 회로에 의해 2분주된 스위칭 주파수가 출력에 나타나게 된다. 출력 제어 신호는 그림 2에서 나타난 것과 같이 2개의 출력에 연결된 Transformer(T1)의 A에서 B와 C로 전달되어 ZVS 동작이 될 수 있도록 Q1, Q2를 구동하게 된다.

## 2.2 Dimming 제어 회로와 3 Step soft starting 회로

Dimming 제어 회로와 3 Step soft starting 회로는 그림 3에서 나타나 있으며, 형광등의 Preheating-soft starting-full lighting-Pre-

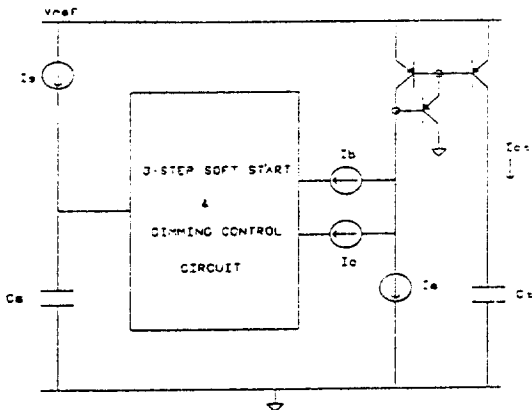


그림 3. 3 STEP SOFT STARTING & DIMMING 제어 회로

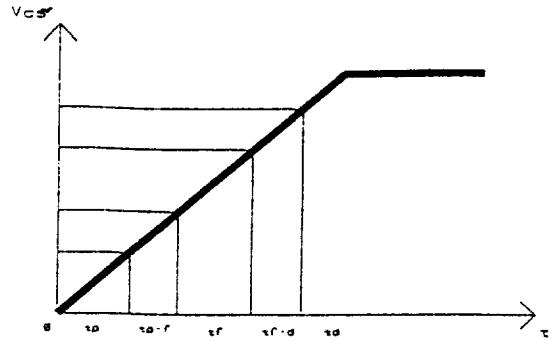


그림 4. 구간별 동작 시간

dimming - Dimming 동작이 연속적으로 되도록 설계되어 있으며, 각 구간별 동작 시간은 그림 4에서 나타난 것과 같고 외부 capacitor에 의해서 설정할 수 있다.

각 구간별 동작 주파수는 Timing capacitor에 충전되는 전류량에 비례하며, 다음과 같다.

$$F_{osc} = \frac{1}{T_{chg} + T_{dis}} \quad (1)$$

$$F_{osc} \approx \frac{1}{T_{chg}} \quad (2)$$

(∵  $T_{chg} \gg T_{dis}$ )

$$T_{chg} = \frac{C_t * V_{osc}}{I_{chg}} \quad (3)$$

$$T_{chg} = K * \frac{1}{I_{chg}} \quad (4)$$

( $K = C_t * V_{osc}$  : constant)

$$F_{osc} = I_{chg} / K \quad (5)$$

### 2.2.1 STATE A : Preheating period

STATE A는 형광등의 예열 구간으로 전 구간에서 가장 빠른 주파수로 스위칭하고, 스위칭 주파수는 다음과 같은 전류량에 의해서 결정된다.

$$I_p = I_a + I_b + I_c \quad (6)$$

$$F_p = I_p / K \quad (7)$$

### 2.2.2 STATE B : Soft starting period

STATE B는 형광등이 Preheating과 Full lighting 사이의 중간에 있는 구간으로 스위칭 주파

수가 가변되면서 Preheating 주파수 보다 감소하게 된다.

$$\Delta I_{p-f} = I_a + \Delta I_b + I_c \quad (8)$$

Preheating 구간에서의  $I_b$ 만 변화 된다.

$$F_{p-f} = \Delta I_{p-f} / K \quad (9)$$

### 2.2.3 STATE C : Full lighting period

STATE C는 형광등이 완전히 점등된 상태이며, 전구간에서 가장 낮은 주파수로 스위칭하며, 스위칭 주파수는 다음과 같다.

$$I_b = 0 \text{이므로}$$

$$I_f = I_a + I_c \quad (10)$$

$$F_f = I_f / K \quad (11)$$

### 2.2.4 STATE D : Pre-Dimming period

STATE D는 형광등이 Full lighting에서 주변 환경의 밝기에 따라 광출력이 변화되는 Dimming 구간의 바로 전 구간으로 Full lighting의 동작 주파수보다 높은 주파수로 가변하게 된다.

충전 전류중에서  $I_b=0$ 이고  $I_c$ 는 변화되므로 충전 전류는 다음과 같다.

$$\Delta I_{f-d} = I_a + \Delta I_c \quad (12)$$

$$F_{f-d} = \Delta I_{f-d} / K \quad (13)$$

### 2.2.5 STATE E : Dimming period

STATE E는 형광등이 주변환경의 밝기에 따라 광출력이 변화된 구간으로 주변환경의 밝기를 감지하는 센서의 저항값에 따라 스위칭 주파수는 결정되며 다음과 같다.

여기서  $I_b=0$ 이고 센서의 저항값에 따라 변하는  $I_c(=I_c')$ 에 의해서 스위칭 주파수가 결정된다.

$$I_d = I_a + I_c' \quad (14)$$

$$F_d = I_d / K \quad (15)$$

그러므로, 각 단계별로 형성되는 주파수는 다음과 같은 크기를 갖는다.

$$F_p > F_{p-k} > F_f$$

$$F_d > F_{f-d} > F_f$$

$$F_p > F_d$$

## 3. Dead-time 제어 회로

Dead-time 제어회로는 그림 5와 같이 구성되어 있으며, 전자식 안정기 시스템이 동작되는 전구간에서 영전압 스위칭이 안정적으로 될 수 있도록 제어되어야 한다. Dead-time은 Timing capacitor에 충전되는 전류와 동일한 전류에 의해서 정해지는 전압과 Oscillator의 파형에 따라서 결정되며, 스위칭 주파수와 Dead-time의 관계는 그림 7에서 나타낸 것과 같이 비례되도록 설계되어 있다.

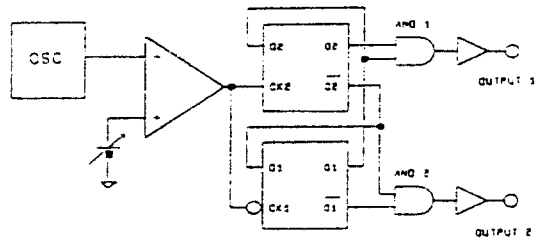


그림 5. DEAD TIME 제어회로

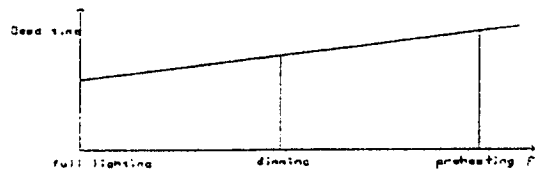


그림 6. DEAD TIME과 스위칭 동작 주파수의 관계

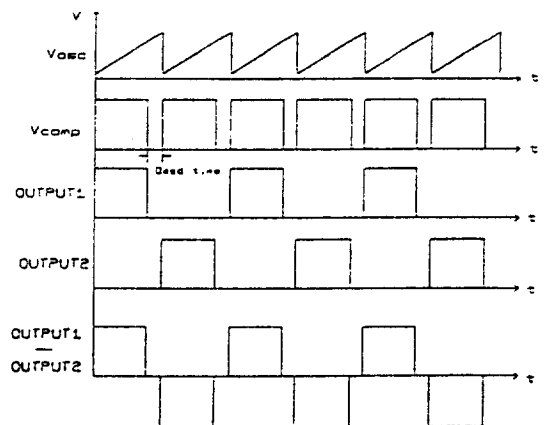


그림 7. DEAD TIME 제어회로 각 부분의 파형

그림 7은 Dead-time제어회로내의 각부분의 과정을 나타내었다.

#### 4. DC Feedforward 회로

DC Feedforward 회로는 입력 전압의 변화에 따른 광출력의 변화를 일정하게 유지하기 위한 회로로써, 광출력과 입력 전압과의 관계와 광출력과 스위칭 주파수의 관계를 고려하여 설계되어진다.

#### 5. 보호회로

##### 5.1 과열 보호회로

과열 보호회로는 전자식 안정기의 스위칭소자로 사용되는 MOSFET이 이상 동작에 의해 열이 발생되어 파괴되는 것을 방지하기 위해서 설정된 온도 범위 이상의 열이 발생되면 스위칭 제어회로의 동작을 멈추게 해서 MOSFET의 스위칭 동작을 정지시키는 역할을 하는 회로이며, 스위칭 동작이 정지된 후 MOSFET의 열이 내리면 Restarting될 수 있도록 설계되어 있으며, 열감지센서는 NTC (Negative Temperature Coefficient) 저항이 사용된다.

##### 5.2 Non-Lamp 보호회로

Non-Lamp 보호회로는 형광등이 장착되어 있지 않았을 때, 전자식 안정기 시스템을 보호할 목적으로 제어회로의 동작을 멈추게해서 스위칭 동작을 정지시키며, 형광등이 새로 장착될 경우, Preheating부터 Restarting될 수 있도록 설계되어 있다.

##### 5.3 과전류와 과전압 보호회로

과전류와 과전압 보호회로는 선택적으로 사용할 수가 있으며, Converter부분의 과전류와 과전압을 감지해서 제어용 집적회로의 스위칭 동작을 정지시키고, 시스템을 보호하는 회로이다.

#### 6. 실험 결과및 고찰

그림 8은 전자식 안정기 제어용 집적회로의 응용 회로이며, 그림 9에서 그림 12는 그림 8에서 측정된 결과이다. 시스템은 그림 9와 같이 3 Step soft

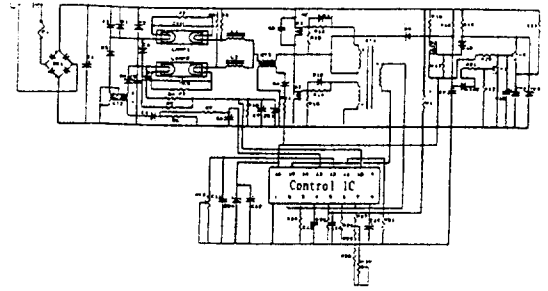


그림 8. 전자식 형광등용 응용회로

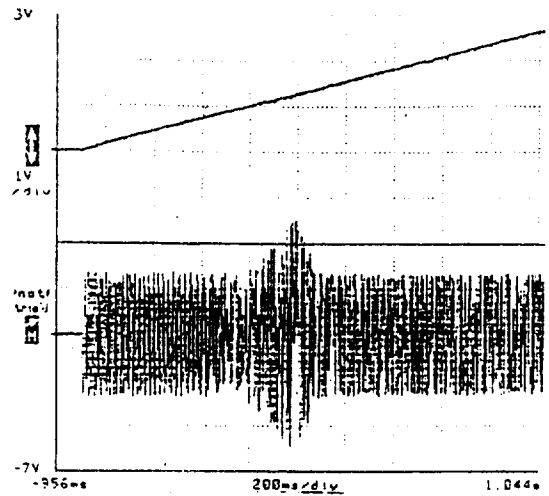


그림 9. 3 STEP SOFT START & DIMMING WAVEFORM

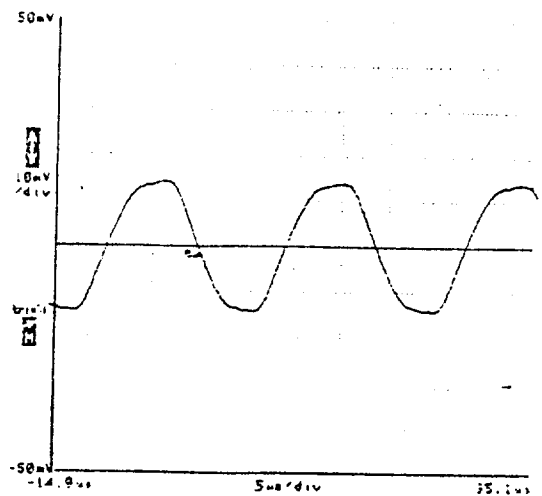


그림 10. LAMP CURRENT WAVEFORM

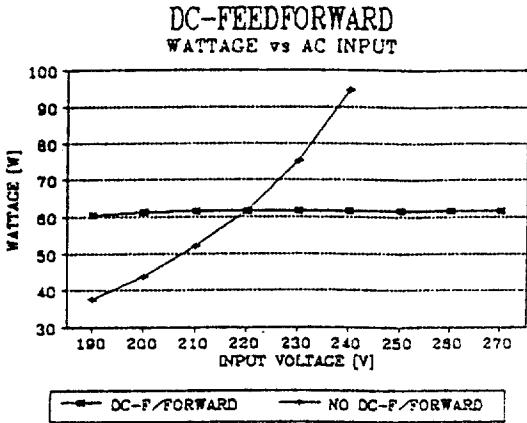


그림 11. 입력 전압과 전력과의 관계

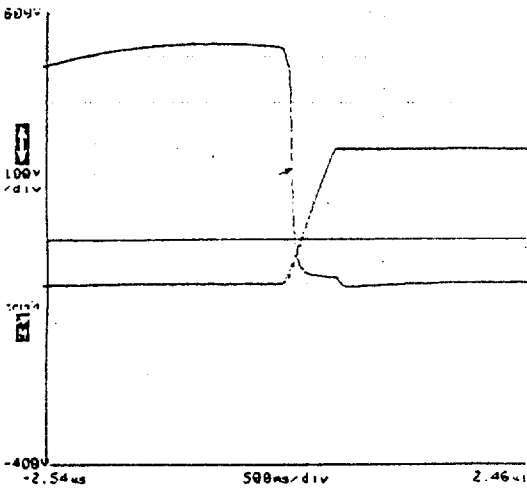


그림 12. 영전압 스위칭 구간

starting과 dimming 동작이 이루어지고, Lamp 전류는 그림 10에서 정현파에 가까운 파형으로 나타난다. 이 파형으로 측정되는 Lamp 전류의 Crest factor는 대략 1.4정도이다. 그림 11은 DC Feedforward 회로가 있을 때와 없을 때의 전력 변화율을 측정한 결과로서, 이 회로가 있을 경우, 입력 전압 변화에 대한 전력 변화율은 이 회로가 없을 때와 비교해서 아주 작음을 알 수 있다. DC Feedforward 회로가 없을 경우에는 입력 전압이 190V에서 240V까지 변할 때, 전력은 38W에서 95W까지 변했으나, 이 회로가 있을 경우에는 입력전압이 190V에서 240V까지 변하더라도 전력은 61W~63W 정도에 분포하고 있다. 그리고 그림 12에서는

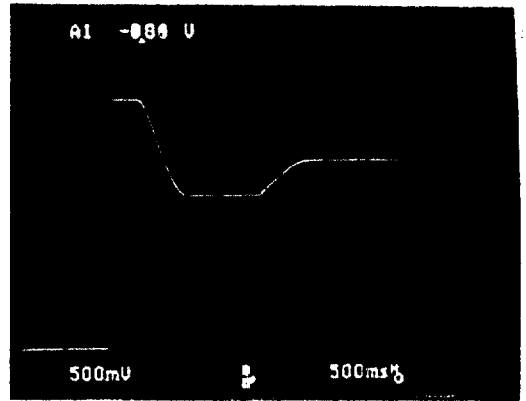


그림 13. 3 STEP SOFT STARTING & DIMMING TIME

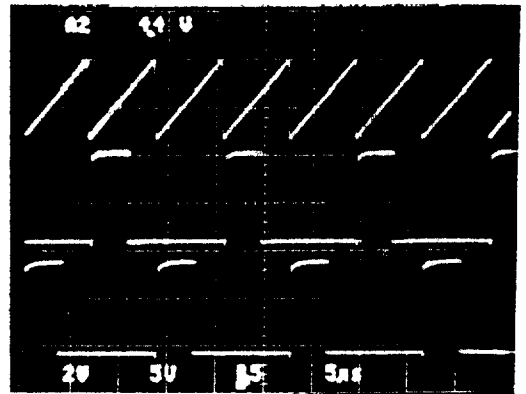


그림 14. 스위칭 동작 주파수 1

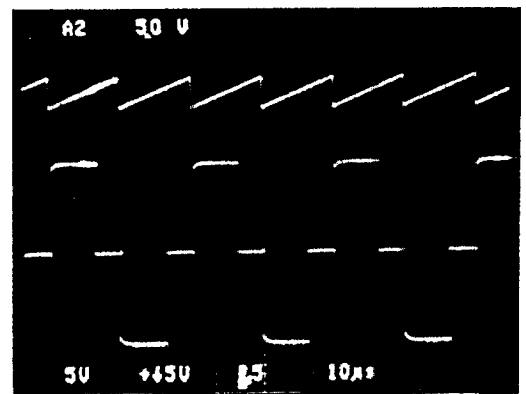


그림 15. 스위칭 동작 주파수 2

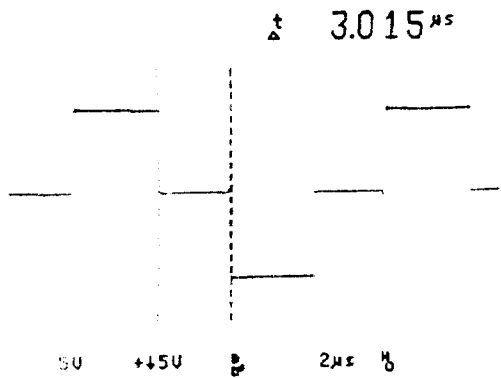


그림 16. PREHEATING DEAD TIME

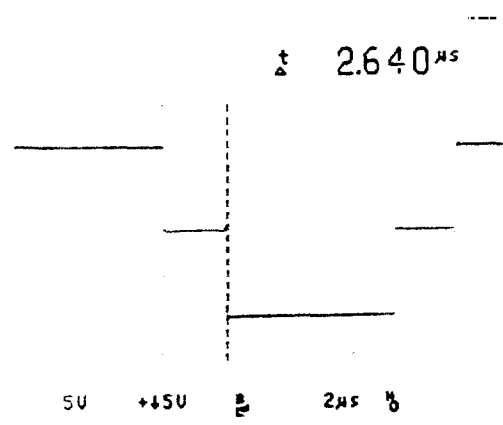


그림 17. FULL LIGHTING DEAD TIME

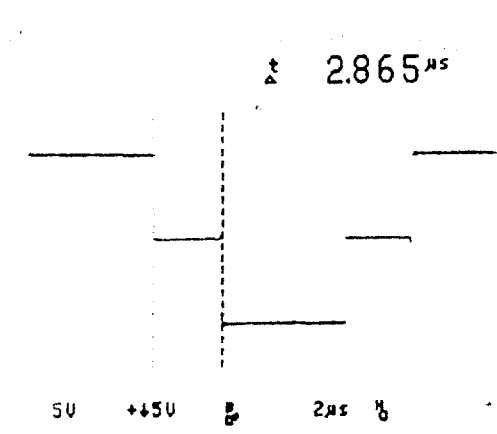


그림 18. DIMMING DEAD TIME

Converter가 영전압 스위칭이 이루어지고 있음을 나타내고 있다.

그림 13에서 그림 18은 제어용 집적회로의 측정 결과이며, 3 Step soft starting과 Dimming 동작 시간에 대한 파형, Oscillator와 Output 1, 2의 파형 그리고 Preheating, Full lighting, Dimming시의 Dead time에 대한 결과를 나타내었다.

### 7. 결 론

이상으로 조광기능을 갖춘 전자식 형광등용 IC에 관한 기능 및 실험결과에 대해 살펴보았다. 실험 결과에서 이 IC를 사용한 시스템이 3 Step soft starting과 Dimming에 의해 Lamp의 수명 연장과 주변 밝기에 따라 자동적으로 전기절약을 할 수 있고, 미소입력 전압의 변동에 따른 전력 변동율이 아주 작음을 알 수 있었다. 전자식 안정기의 보급확대를 위해서 고품질, 수명, 절전 효과, 경제성등을 고려해서 설계된 이 IC는 다양한 제어 회로와 보호회로등을 1 Chip에 내장하고 있어서, 향후 시스템의 제작과 사용에 상당한 이점을 제공 할 수가 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. R. Verderber, O. C. Morse and F. M. Rubinstein, "Performance of Electronic Ballast and Controls with 34 and 40 watt F40 Fluorescent Lamps", IEEE Trans. 2nd. Appl., pp. 1049-1059, Nov /Dec. 1989
- [2] E. E. Hammer and C. A. Ferreria, "F40 Fluorescent Lamp Considerations for Operation at High Frequency", IES Journal, pp. 63-74, Oct. 1985
- [3] William R. Alling, "Important Design Parameters for Solid-State Ballasts", IEEE Trans. Ind, Appl., pp. 203-207, Mar /Apr. 1989
- [4] Dragan M. Vasiljevic, "The Design of a Battery-Operated Fluorescent Lamp", IEEE Trans. Ind. Elec., pp 499-503, Nov. 1989



**최낙춘(崔洛春)**

1965년 10월 30일생. 1988년 광운대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 7월 삼성전자(주) 입사. 현재 삼성전자(주) 반도체 설계연구원



**신동명(申東明)**

1960년 10월 1일생. 1982년 영남대 공대 전자공학과 졸업. 1984년 7월 삼성전자(주) 입사. 현재 삼성전자(주) 반도체 설계 선임연구원



**김덕중(金德重)**

1952년 2월 3일생. 1974년 서울대 공대 재료공학과 졸업. 1982년 美國 U. C. Berkeley 전자공학과 졸업(석사). 1984년 美國 U. C. Berkeley 전자공학과 졸업(공학). 1984~90년 美國 GE/Siliconix사 근무. Power Device 연구개발. 1990년 5월 삼성전자(주) 입사. 현재 삼성전자(주) 전력전자담당 이사.